

## EFFECTO DE LA FRECUENCIA DE QUEMA PRESCRIPTA SOBRE LA COMPOSICIÓN MINERAL DE LOS PASTIZALES EN EL NORDESTE ARGENTINO

### EFFECT OF FREQUENCY PRESCRIBED BURNS ON THE MINERAL COMPOSITION OF GRASSLANDS IN NORTHEASTERN ARGENTINA

Juan Alfredo Fernández<sup>1</sup>, María Andrea Schroeder<sup>2</sup>, María Cristina Goldfarb<sup>3</sup> y Aldo Ceferino Bernardis<sup>4</sup>

#### Resumen

Con el objeto de evaluar la concentración de elementos minerales en la biomasa aérea de los pastizales con diferentes sistemas de manejo de quema prescrita, se diseñó un ensayo en la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Corrientes, Argentina. El área de estudio no fue quemado por un período de 20 años. El diseño utilizado fue un BCA con parcelas divididas, con tres tratamientos (sin quema, con quema anual, con quema bienal) y cuatro repeticiones. Las quemas se realizaron a fin del invierno y los muestreos en las cuatro estaciones del año. Se determinó Na, K, Ca y microelementos (Fe, Cu, Mn y Zn) por espectrofotometría de absorción atómica, y P por espectrofotometría UV-visible. Los resultados fueron analizados por ANOVA y Duncan. No hubo interacción entre estaciones del año y tratamientos de quema. Los contenidos de P, Ca y Na, fueron significativamente superiores en el tratamiento de quema bianual. El contenido de K no fue afectado por los tratamientos. Las concentraciones de los microelementos no fueron diferentes entre tratamientos, pero sí se observó diferencias entre las estaciones del año. Las mayores concentraciones fueron registradas en verano y otoño para Mn y Fe y en otoño e invierno para Zn y Cu. El tratamiento de quema bienal provocó un incremento significativo en las concentraciones de P, Ca y Na del pastizal, mientras que en K, Fe, Cu, Mn y Zn no hubo efecto por la aplicación de quema.

**Palabras clave:** pastos naturales, quema prescrita, componentes minerales

#### Abstract

In order to evaluate the concentration of mineral components of the grasslands under different management systems of prescribed burning, we designed a trial in the EEA INTA Corrientes, Argentine. The study area was not burned for a period of 20 years. The design used corresponded to a split plot arrange and RCB design, with four replications. The treatments were: T<sub>0</sub>=without burning, T<sub>1</sub>=annual burning and T<sub>2</sub>=biennial burning. The burning was carried out in late winter. Sampling was conducted every four seasons. The determination of Na, K, Ca and microelements (Fe, Cu, Mn and Zn) was performed with atomic absorption spectrophotometry and P by UV-visible spectrophotometry. The results were analyzed by ANOVA and Duncan test. In none of the elements considered there were interactions between seasons and burning treatments. The P, Ca and Na in the biennial burning treatment were significantly higher than the annual burning. The K content was unaffected by the treatments applied. There were no differences between treatments for micronutrients, but there were differences between different seasons. The highest concentrations were recorded in summer and autumn for Mn and Fe, and in autumn-winter for Zn and Cu. The biannual burns treatment had significantly increased concentrations of P, Ca and Na of the grassland.

**Key words:** natural grassland, prescribed burning, mineral nutrients.

#### Introducción.

El fuego es un instrumento útil en la explotación de los pastos destinados a la cría del ganado de las zonas subhúmedas a áridas del mundo por una razón clave: el fuego crea forraje (Kunst & Moscovich, 1996; Bernardis, 2008). En ciertas regiones, como en el Este y Sur de los Estados Unidos de Norte América,

Latinoamérica y África, el uso del fuego aparece rutinariamente como el único medio disponible para mantener la productividad de los pastizales y está casi siempre asociado a la ganadería extensiva, principalmente en áreas que presentan bajo potencial agrícola. El régimen de fuego de distintas regiones de la Argentina recién comienza a estudiarse. En la

región Pampeana, en el límite con el monte (sur de la Pcia. de Bs. As), se estima que un fuego cada 5 años sería 'normal'; mientras que sabanas y pastizales húmedos el intervalo de fuego es 1-2 años, y en zonas áridas es 4-8 años o más (Kunst & Bravo; 2000). En los pastizales, el fuego es considerado como una alternativa de manejo, por su bajo costo y fácil adopción, cuya principal finalidad es la eliminación de material senescente o seco que es rechazado por el ganado. Estimulando el crecimiento de pasto nuevo, más tierno, más palatable y de mejor calidad, que es aprovechado por los animales rumiantes obteniéndose mejores resultados en la producción animal (Heringer & Jacques, 2001).

Para lograr estas ventajas de manejo es necesario conocer el buen uso de esta herramienta. El fuego bien manejado, sobre una superficie circunscripta, en el momento preciso y bajo condiciones adecuadas, es lo que se conoce como quema prescripta. (Jacques, 2003).

La quema debe ser aplicada por profesionales experimentados, en un área confinada bajo condiciones climáticas seleccionadas y en la época adecuada, a fin de alcanzar objetivos de manejo definidos. Con una quema prescripta es posible incrementar la palatabilidad, la calidad y la producción de las especies forrajeras y al mismo tiempo controlar la proliferación de especies indeseables. De esta manera, se logra reducir la competencia por agua, luz y nutrientes que ejercen éstas especies sobre las especies forrajeras, haciendo posible acelerar el ciclo de nutrientes (Zanine & Diniz, 2006) y rejuvenecer individuos de especies forrajeras leñosas, reduciendo las probabilidades de ocurrencia de fuegos accidentales (Bernardis, 2008). Zanine & Diniz, (2006), concluyeron que una de las principales ventajas de la quema prescripta de los pastizales estaría centrada en la incorporación de nutrientes minerales de la materia seca al suelo, contribuyendo así a mejorar la fertilidad del mismo.

Obviamente para que los objetivos de la quema sean logrados sin ocasionar perjuicios, debe considerarse principalmente la frecuencia y la época del año en que se realiza y también el manejo posterior del pastizal.

Como la frecuencia de quema está muy relacionada con el tiempo necesario para la recuperación de la vegetación ésta debería adecuarse al crecimiento de las especies predominantes y que son deseables dentro del pastizal. Según Jacques (2003), considera que las especies postradas o rastreras sufren más los efectos del fuego que las especies cespitosas que naturalmente están más protegidas. Bernardis (2008) ha demostrado que la quema anual puede ocasionar efectos no deseados para el tapiz vegetal e inclusive el incremento de malezas y especies leñosas. Trabajos más recientes, específicos en pastizales del nordeste argentino (Bernardis *et al.*,

2008) sugieren que las quemas deberían ser aplicadas cada dos o tres años en la misma área ya que intervalos mayores pueden ocasionar una acumulación excesiva de material combustible tornando a la quema mucho más intensa.

Zanine & Diniz (2006) demuestran que después de consecutivos y frecuentes eventos de quema se comprometería el ambiente del suelo. Esta situación llevaría a esperar que existan cambios químicos, tanto en el suelo como en el forraje, afectando su calidad. Jacques (2003) observó que en el tejido aéreo del forraje, la quema bienal de los pastizales no produjo mayores cambios en el contenido de elementos minerales, salvo en el mantillo y hojas senescentes donde la concentración de fósforo y calcio disminuyó al compararlo con los tratamientos sin quema.

Con respecto al balance de Carbono, Bernardis *et al.* (2008) observaron que en el sistema la quema prescripta en forma anual o bienal capturó mayor cantidad de CO<sub>2</sub> que lo emitido por efecto del evento del fuego, por lo tanto se considera que se produjo un balance positivo.

Sacido *et al.* (2004) sostienen que la composición química de las especies forrajeras, puede ser utilizada como parámetro de calidad de las mismas, pero se debe tener en cuenta, que tal composición depende fundamentalmente de aspectos genéticos y ambientales, y no debe ser utilizada como un único factor determinante de la calidad de una pastura ni tampoco el menos importante.

Como el intervalo en el que se realizan las quemas prescriptas del pastizal son determinantes de la calidad de los pastos destinados al consumo animal, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la concentración de elementos minerales en la biomasa aérea de los pastizales con diferentes sistemas de manejo de quema prescripta en el año.

### **Materiales y métodos.**

El trabajo se desarrolló en la EEA INTA Corrientes (27° 39' S ; 58° 46' O y 57 msnm) ubicada en la región occidental de la Provincia de Corrientes, Argentina. El suelo pertenece a la serie Valencia, correspondiente a un Alfisol, endoacualfe típico con epipedon ócrico, de color gris claro a blanco con textura franco a franco arenoso, de pH ácido, baja fertilidad, permeabilidad y escurrimiento lento. El índice de productividad es 5 y la capacidad de uso es VIw (Escobar *et al.*, 1996).

La experiencia se realizó durante 2 años consecutivos sobre un pastizal del tipo Albardón, representativo de la región, con predominio de *Poaceae* estivales que aportan el 70 % a la materia seca total. El resto esta compuesto por especies de la familia *Ciperaceae* (10%), *Fabaceae* (5%) y otras (15%). Las especies de mayor participación en el rendimiento de biomasa aérea fueron: *Sorghastrum agrostoides*, *S. nutans*, *Andropogon laterales*, *Paspalum notatum*, *P. urvillei*,

*P. plicatulum*, *Schyzachirium paniculatum*, *Sporobolus poiretii*, *S. Indicus*, *Desmodium incanum*, *Eryngium horridum*, *E. Paniculatum*, *Cyperus entrerrianus* y *Vernonia chamaedris*.

El área de estudio no fue quemada por un período de 20 años previo al inicio de la experiencia. El diseño utilizado correspondió a bloque completo al azar (DBCA) con parcela dividida en el tiempo (estaciones del año), con cuatro repeticiones. Los tratamientos aplicados fueron: sin quema = Q0, con quema anual = Q1 y con quema bianual = Q2. Se considera a los tratamientos de quema como parcela principal y el efecto de las estaciones del año a la sub-parcela del diseño. De esta manera queda definida la unidad experimental del ensayo, como el muestreo que fue realizado durante una estación del año y en un determinado tratamiento. El modelo matemático al que se ajusta el diseño es:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

para:  $i = 1$  a  $3$        $j = 1$  a  $4$ ;

donde:

-  $y_{ijk}$  =  $ijk$ -ésima observación de los componentes minerales.

-  $\mu$  = media general para cada variable

-  $\alpha_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento de quema

-  $\beta_j$  = efecto de la  $j$ -ésima estación del año

-  $(\alpha\beta)_{ij}$  = efecto la interacción entre del  $i$ -ésimo tratamiento de quema y la  $j$ -ésima estación del año.

-  $\varepsilon_{ijk}$  = componente aleatorio del error experimental determinado por la  $ijk$ -ésima observación de cada variable.

Las quemas prescriptas se realizaron al final del periodo invernal (fines de agosto). En el momento de la quema, se monitoreó la temperatura de la llama y del suelo; humedad del material combustible, velocidad del viento y humedad relativa del aire. A la mitad de cada estación del año (febrero, mayo, agosto y diciembre) y en cada parcela (unidad experimental), se realizaron los muestreos del pastizal mediante cortes, a una altura de 12 cm, de una superficie de 0,25 m<sup>2</sup>. Las muestras fueron secadas en estufa a 65°C hasta peso constante. Estas muestras fueron sometidas a molienda en un molino tipo Willey, con un tamiz de 1,0 mm y sobre tres alícuotas, se analizaron químicamente los componentes siguiendo los lineamientos de la A.O.A.C (2000). Los macro y micronutrientes fueron analizados en el Laboratorio de Química Analítica y Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Por espectrometría de Absorción Atómica de Llama fueron determinados K, Na, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn en un Espectrofotómetro, Marca GBC Modelo 932 Plus y P mediante espectrofotometría de absorción molecular UV-visible (Kalra, 1998).

Los resultados fueron analizados por un ANOVA y test de media de Duncan con el Infostat 2008p.

### Resultados y discusión.

Los contenidos de macro y micronutrientes estudiados no presentaron interacción significativa entre estaciones del año y tratamientos de quema. Esto demuestra que los macronutrientes se comportan de igual manera en las distintas estaciones del año, por este motivo sólo se considera los efectos de los tratamientos en promedio para todo el año. El contenido de Ca, P y Na del tratamiento quema bianual difirió significativamente en los contenidos al de quema anual (Tabla 1), sin embargo los contenidos de K y Mg fueron similares entre tratamientos.

**Tabla 1:** Concentración promedio anual de macroelementos de pastizales con distintas frecuencias de quema.

Tratamientos	Macroelementos				
	P	Ca	Na	K	Mg
	----- g 100g <sup>-1</sup> de MS -----				
Sin quema	0.12 ab	0.162 b	0.04 a	0.20 a	0.07 a
Quema anual	0.09 a	0.137 a	0.04 a	0.18 a	0.06 a
Quema bianual	0.14 b	0.167 b	0.06 b	0.23 a	0.07 a

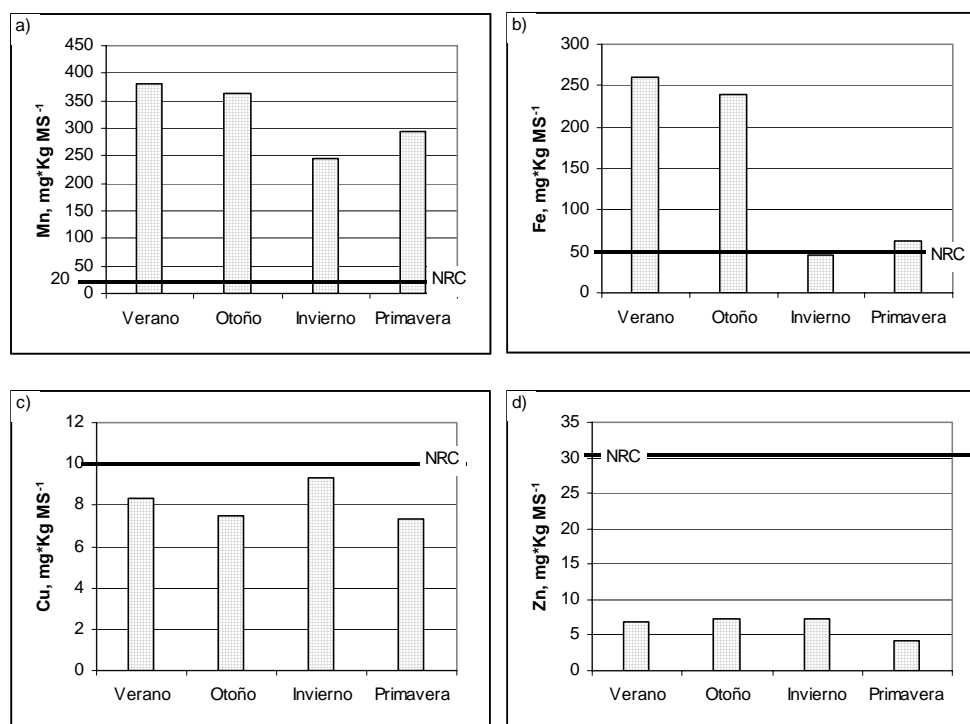
Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

El tratamiento con quema bianual registró valores de P significativamente superiores al de quema anual pero no al tratamiento sin quema. Estos resultados no son coincidentes con Sacido (1999), quien encontró un aumento en el contenido de este elemento en las gramíneas de las áreas quemadas con respecto a las no quemadas.

Los valores promedios de la concentración de P registrados en esta experiencia son mayores a los observados Mufarregge (2004) para pastizales de la Región Mesopotámica, cabe aclarar que los registros obtenidos por este último autor se refiere a valores medios de un pool de especies que conforman el pastizal en condiciones de pastoreo.

En las estaciones de verano y otoño fueron obtenidos los valores promedios más altos, las medias fueron de 0,16 y 0,18% respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos por Pascale *et al.* (2002) quien encontró un escaso flujo de P del suelo a la planta durante el invierno, lo que explicaría la mala calidad forrajera de los pastizales, mientras que a partir de la primavera aumenta el flujo, mejorando la calidad, la producción de biomasa y los contenidos de P en las plantas.

Durante las estaciones de invierno y primavera las medias de fósforo obtenidas en esta experiencia fueron del 0.06% y menores a los encontrados por Mufarregge 2004, (0.09%) para la región Mesopotámica. Underwood y Suttle (1999) y Whitehead (2000),



**Figura 1:** Contenido promedio de los tratamientos de quema de microelementos, expresado en mg Kg<sup>-1</sup> de MS, de pastizales en las distintas estaciones del año. a) Mn= Manganese; b) Fe= Hierro; c) Cu= Cobre; d) Zn= cinc. NRC= Requerimiento mínimo para una vaca de cría de 450 kg de peso vivo según NRC (1996).

encontraron que los contenidos de P del 0.25% en plantas forrajeras, muy superiores a los del presente estudio.

Los resultados de esta experiencia son similares a los registrados por Pascale *et al.* (2002) en especies forrajeras naturales de Entre Ríos (Argentina) y Bernardis *et al.* (2005). Trabajos de quemas realizados por Goldfarb *et al.* (2006) en los malezales de Corrientes, demostraron que el contenido de minerales y particularmente fósforo en los rebrotes de los pastos aumentaron respecto a los tratamientos sin quema. Diversos autores (Sacido *et al.*, 2004; Mufarregge, 2004), consideran que en pastizales que han sido quemados se observa un aumento en la velocidad del ciclo de nutrientes debido al aporte de fósforo y potasio que se incrementan en el suelo, y son transferidos a los rebrotes, lo que explicarían los incrementos en sus contenidos y valores proteicos.

El contenido de K no fue significativamente diferente entre tratamientos con o sin quema. Underwood (1981), informó que el K, dada su abundancia en distintos tipos de pasturas, ha sido considerado un nutriente útil, pero no crítico para el requerimiento del ganado bovino. Este autor sostiene que los valores de K oscilan entre 0.6 a 0.8 % para ganado en crecimiento, y de 0.8 a 1.0 % para animales en lactancia. Nosotros obtuvimos valores menores en esta experiencia, observándose diferencias significativas entre las medias estacionales. Las

mayores concentraciones se obtuvieron en primavera (0,44%) y las menores en verano y otoño (0,08 y 0,05% respectivamente). Pérez & Frangis (2007) observaron a diferencia nuestra una disminución de los contenidos de este elemento en primavera en pastizales serranos.

El tratamiento de quema bienal tuvo contenidos de Na significativamente mayores, con una media de 0.06%, mientras que los tratamientos sin quema y quema anual no difirieron entre ellos logrando valores promedios de 0.04% (Tabla 1), siendo la estación de verano, al igual que el P, en la que se registró los mayores valores (0.06%). En invierno y primavera, se obtuvieron registros promedios de 0.01%. Los requerimientos de sodio del ganado para carne están afectados por diversos factores; por lo tanto, es difícil establecer una dieta mínima para consumo. Underwood (1981) cita valores que oscilan entre 0.06 y 0.1 % de Na como indispensables para una dieta adecuada, por lo que con la quema bienal se alcanzaría el mínimo requerido.

El contenido de Ca en planta fue significativamente mayor en el tratamiento de quema bienal con respecto a la de quema anual (Tabla 1). Sin embargo, las concentraciones de Mg no fueron significativamente diferentes entre tratamientos. En relación al comportamiento de estos elementos minerales en las estaciones de invierno y primavera las concentraciones de Ca y Mg fueron

significativamente mayores a las dos restantes, con medias que oscilaron entre 0.20 y 0.09%, respectivamente. Estos valores coinciden con los obtenidos por Bernardis *et al.* (2005), en pastizales de *Sorghastrum setosum* en la provincia de Formosa, Argentina, quienes registraron en invierno valores de 0.20% de Ca.

Al igual a lo manifestado anteriormente en los elementos mayores, la concentración de los microelementos en la parte aérea del pastizal, no presentó interacción entre las distintas épocas del año y los diferentes tratamientos de quema. No hubo diferencias significativas entre tratamientos, observándose sólo variaciones en las concentraciones dependiendo de las estaciones del año. Esta situación no está de acuerdo con lo observado por Khan *et al.* (2007), quien no detectó diferencias estacionales en los contenidos de Fe, Cu, Zn y Mn en siete especies forrajeras estudiadas (Figura 1). Sin embargo se puede decir que nuestros resultados estarían de acuerdo con lo reportado por diversos autores como Arizmendi-Maldonado *et al.* (2001a,b); Faria-Marmol (1983); Predomo *et al.* (1977); Underwood (1981), quienes reportaron una tendencia a la reducción de la concentración de micronutrientes con el incremento de la madurez de la plantas, especialmente en cuanto al Mn y Fe, aunque en Zn y Cu las concentraciones durante el verano y otoño fueron sensiblemente menores.

Con respecto a las concentraciones de Mn, estas fueron superiores a los requerimientos mínimos para una vaca de cría propuesto por la NRC (1996) durante todas la estaciones. Resultados similares fueron obtenidos por Khan *et al.* (2007) y Bernardis *et al.* (2005), en pastizales naturales de *Sorghastrum setosum* en el Norte Argentino, en donde los minerales Mn y Fe cubren los requerimientos medios para el ganado vacuno de carne. Los registros de la presente experiencia demostraron fluctuaciones estacionales en los contenidos de Mn coincidentes con otros autores como Velásquez- Pereira *et al.* (1997) en pastizales de Nicaragua y diferente a lo reportado por Khan *et al.* (2007).

A diferencia de Khan *et al.* (2007) los contenidos de Fe superaron los valores propuestos por la NRC (1996) salvo durante el invierno.

Las concentraciones de Cu y Zn encontrados en nuestro pastizal no cubrieron los requerimientos de la NRC (1996) en ninguna de las estaciones. Coincidimos con Underwood & Suttle (1999) y Whitehead (2000), que la concentración de nutrimentos del forraje refleja la fertilidad del suelo donde éste crece.

Las concentraciones de Cu encontradas en este estudio fueron más altas que los reportados por Tiffany *et al.* (2001) en el norte de Florida, y Espinoza *et al.* (1991) en Venezuela y Florida central. Los valores de Cu reportados en el presente estudio

fueron similares a los reportados para Indonesia (Prabowo *et al.*, 1990) y menores que los reportados por Tejada *et al.* (1987) in Guatemala.

McDowell *et al.* (1993) reportó que el Cu interactúa fuertemente con trazas de minerales y macronutrientes en la absorción de las plantas. El Ca bajo la forma de carbonatos precipita el Cu poniéndolo no disponible para las plantas. Siendo el contenido de cobre inversamente proporcional a la madurez de las plantas (McDowell *et al.*, 1983).

Las concentraciones de Zn dependen del tipo de tejido analizado (Underwood, 1981; Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Estudios llevados a cabo en Kenia por Corbett (1990) indican que los requerimientos de Zn son de aproximadamente 25 µg / g de materia seca, sin embargo han registrado valores de sólo 5 a 10 ppm sin que ello afecte los rendimientos del pastizal ni del ganado que lo consume. En esta experiencia se ha observado valores similares a lo registrado por Corbett (1990), por lo que se podría esperar que no tenga efecto en la producción del pastizal.

#### Conclusiones.

La quema bienal provocó un incremento significativo de las concentraciones de P, Ca y Na en la biomasa aérea del pastizal de los Albardones del Nordeste Argentino. En los minerales K, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn la quema prescripta no modificó la concentración de los mismos en la biomasa aérea del pastizal.

#### Literatura citada.

- Arizmendi-Maldonado D., McDowell L.R., Sinclair T.R., Mislevy P., Martin F.G. & Wilkinson N.S. 2001a. Mineral concentrations in four tropical forages as affected by increasing daylength. I. Macrominerals. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 33: 1991-2000.
- Arizmendi-Maldonado D., McDowell L.R., Sinclair T.R., Mislevy P., Martin F.G. & Wilkinson N.S. 2001b. Mineral concentrations in four tropical forages as affected by increasing daylength. II. Microminerals. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 33: 2001-2009.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17<sup>a</sup> ed. Ed. Helrich K. & Arlington VA. USA-2000.
- Bernardis A.C. 2008. Evaluación del impacto ambiental de quemas prescriptas en pastizales en el N.O. de Corrientes. Tesis M.S. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia, Argentina.
- Bernardis A.C., Fernandez J.A., Céspedes Flores F., Goldfarb M.C. & Casco J.F. 2008. Efecto de la quema prescripta de un pastizal sobre el balance de CO<sub>2</sub>. Agrotecnia 18.
- Bernardis A.C., Roig C.A. & Bennisar Vilcheets M. 2005. Productividad y calidad de los pajonales de *Sorghastrum setosum* (Griseb.) Hitchc. en Formosa, Argentina. Agric. Téc. (Chile) 65(2):177-185.

- Corbett J.D. 1990. Small-holder agriculture in semiarid Kenya. Presented at the Association of American Geographers Annual Convention, Toronto, Canada, April 15.
- Escobar E.H., Ligier H.D., Melgar R., Matteio H. & Vallejos O. 1996. Mapa de suelos de la provincia de Corrientes 1:500.000 – INTA – Corrientes. 432 p.
- Espinoza J.E., McDowell L.R., Wilkinson N.S., Conrad J.H. & Martin F.G. 1991. Monthly variation of forage and soil minerals in Central Florida. II. Trace Minerals. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 22: 1137-1149.
- Faria-Marmol J. 1983. Concentration de nutrientes en el suelo y en los pastos natives del Guarico Oriental. Zootecnia Tropical, 1: 111-128.
- Goldfarb M.C., Pizzio R., Jiménez L.I. & Núñez F. 2006. Caracterización, producción forrajera y calidad de pastizales del tipo "malezal". XXI Reunión do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul – Grupo Campos. Desafios e Oportunidades do Bioma Campos Frente a Expansão e Intensificação Agrícola. 4-05.
- Herlinger I. & Jacques A.V.A. 2001. Effect of burning and management alternatives on forage litter composition of a native pasture. ID # 09-13. In Proceedings of XIX International Grassland Congress. Sao Paulo, Brasil.
- Infostat. 2008. Infostat version 1.1. Grupo Infostat, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Jacques A.V.A. 2003. A queima das pastagens naturais - efeitos sobre o solo e a vegetação. Ciencia Rural, Santa Maria, v.33, n.1, p.177-181.
- Kabata-Pendias A. & Pendias H. 1992. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press Inc.: Boca Raton.
- Kalra Y.P. 1998. Handbook of referent methods for plant analysis. Soil and Plant Analysis Council, Inc. CRC Press, USA: 300 p.
- Khan Z.I., Ashraf M., Ahmad K., Mustafa I. & Danish M. 2007. Evaluation of micro minerals composition of different grasses in relation to Livestock requirements. Pak. J. Bot., 39(3): 719-728.
- Kunst C. & Moscovich F. 1996. Fuego prescripto: introducción a la ecología de fuego y manejo de fuego prescripto. INTA EEA Sgo del Estero, 1996.
- Kunst C., Bravo S., Moscovich F., Herrera J., Godoy J. & Velez S. 2000. Control de tusca (*Acacia aroma* Gill ap. H. et A.) mediante fuego prescripto. Rev. Argentina de Producción Animal 20: 199-213.
- McDowell L.R., Conrad J.H., Ellis G.L. & Loosli L.K. 1983. Minerals for Grazing Ruminants in Tropical Regions. Extension Bulletin 1149. Animal Science Department, University of Florida: Gainesville.
- McDowell L.R., Conrad J.H. & Hembry F.G. 1993. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. University of Florida. Gainesville.
- Mufarrege D. 2004. El fósforo en los pastizales de la región NEA. Noticias y Comentarios N° 388 E.E.A INTA Mercedes, Corrientes, Argentina
- National Research Council (NRC) 1996. Nutrient requirement of beef cattle.(Seventh Revised Edition). National Academic Press, Washinton, D.C. 242 p.
- Pascale C., Heredia O. S. & Giuffrè L. 2002. Fósforo en la biomasa de un pastizal natural y su relación con el fósforo del suelo. Revista Científica Agropecuaria. Facultad Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina. 6: 29-34.
- Pérez C.A. & Frangis J.L. 2007. Ciclos de macronutrientes en pastizales serranos de Sierra de la Ventana. Ecol. Austral. v.17 n.2 Córdoba. Argentina.
- Prabowo A., McDowell L.R., Wilkinson N.S., Wilcox C.J. & Conrad J.H. 1990. Mineral status of grazing cattle in South Sulawesi, Indonesia; I. Macrominerals. American Journal of Animal Science, 4: 111-120.
- Sacido M. 1999. Relationship between floristic composition and soil in a managed ecosystem in Argentina. Proceedings of the VI International Rangeland Congress. 2: 1036-1037.
- Sacido M.B, Loholaberry F.K. & Latorre E. 2004. Dinámica de la oferta en pasturas naturales posquema: cantidad y calidad. Arch. Zootec. 53:153-164.
- Tejada R., McDowell L.R., Martin F.G. & Conrad L.H. 1987. Evaluation of the macro-mineral and crude protein status of cattle in specific regions in Guatemala. Nutrition Reports International, 35: 989-998.
- Tiffany M.E., McDowell L.R., O'Connor G.A., Nguyen H., Martin F.G., Wilkinson N.S. & Katzowitz N.A. 2001. Effects of residual and reapplied biosolids on forage and soil concentrations over a grazing season in north Florida. II. Microminerals. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 32: 2211-2226.
- Underwood E.J. 1981. The Mineral Nutrition of Livestock. 2nd Ed. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, England, 180 p.
- Underwood E.J. & Suttle N. F. 1999. The Mineral Nutrition of Livestock. 3rd ed. CABI. London, UK. 613 p.
- Velásquez-Pereira J.B., McDowell L.R., Conrad J.H., Wilkinson N.S. & Martin F.G. 1997. Nivel existente en suelos, forrajes y Ganado bovino en Nicaragua: II Macro-minerals y composicion organica de forages. Revista de la Facultad de Agronomia, Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela, 14: 91-110.
- Whitehead C.D. 2000. Nutrient elements in grassland. Soil-Plant-Animal Relationships. CABI Publishing International. University Press, Cambridge. UK. 369 p.
- Zanine A.M. & Diniz D. 2006. Efeito da queima sob o teor de umidade, características físicas e químicas, matéria orgânica e temperatura no solo sob pastagem. Rev. Electrónica de Vet. REDVET VII N° 4.

---

<sup>1</sup> Juan Alfredo Fernández; Facultad de Ciencias Agrarias. U.N.N.E. Sargento Cabral 2131 - (3400) Corrientes. Argentina. [jualf@agr.unne.edu.ar](mailto:jualf@agr.unne.edu.ar).

<sup>2</sup> María Andrea Schroeder; Facultad de Ciencias Agrarias. U.N.N.E. Sargento Cabral 2131 - (3400) Corrientes. Argentina. [mandrea@agr.unne.edu.ar](mailto:mandrea@agr.unne.edu.ar).

<sup>3</sup> María Cristina Goldfarb; Estación Experimental Agropecuaria - INTA- Corrientes – Ruta Nacional N° 12, km1008. CC.57 – (3400). Corrientes - Argentina. [cgoldfarb@corrientes.inta.gov.ar](mailto:cgoldfarb@corrientes.inta.gov.ar).

<sup>4</sup> Aldo Ceferino Bernardis; Facultad de Ciencias Agrarias. U.N.N.E. Sargento Cabral 2131 - (3400) Corrientes. Argentina. [qaaber@agr.unne.edu.ar](mailto:qaaber@agr.unne.edu.ar).